

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKACNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

VÝKONOVÁ ZÁBLESKOVÁ BATERIOVÁ JEDNOTKA PRO FOTOGRAFII

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

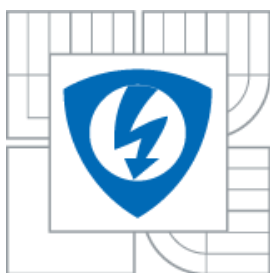
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

TOMÁŠ SLAVÍČEK

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

# VÝKONOVÁ ZÁBLESKOVÁ BATERIOVÁ JEDNOTKA PRO FOTOGRAFII

POWER FLASH BATTERY UNIT FOR A PHOTO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

TOMÁŠ SLAVÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ PAVELKA

BRNO 2014



**VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií**

**Ústav telekomunikací**

# **Bakalářská práce**

bakalářský studijní obor  
**Teleinformatika**

**Student:** Tomáš Slaviček

**ID:** 134404

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2013/2014

## **NÁZEV TÉMATU:**

**Výkonová záblesková bateriová jednotka pro fotografii**

## **POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Navrhněte výkonovou bateriovou zábleskovou jednotku (blesk) pro fotografické účely. Jednotka bude napájena z akumulátoru, bude tedy obsahovat i nabíjecí obvod. Jednotku navrhněte pro maximální zábleskový výkon cca 400Ws s možností snížení na

## **DOPORUČENÁ LITERATURA:**

- 1] Krejčířík, A. : Napájecí zdroje 1. díl, BEN, 2002. ISBN 80-86056-02-3
- [2] Krejčířík, A. : Napájecí zdroje 2. díl, BEN, 2002. ISBN 80-86056-03-1
- [3] Mann, B. : C pro mikrokontroléry, BEN, 2003. ISBN 80-7300-077-6

**Termín zadání:** 10.2.2014

**Termín odevzdání:** 4.6.2014

**Vedoucí práce:** Ing. Ondřej Pavelka

**Konzultanti bakalářské práce:**

**doc. Ing. Jirí Mišurec, CSc.**  
*Předseda oborové rady*

## **UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následku porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona c. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku c.40/2009 Sb.

## **ABSTRAKT**

V bakalářské práci se zabývám návrhem zábleskové jednotky pro focení s maximálním výkonem 400Ws. Návrh zábleskové jednotky obsahuje regulaci od maximálního výkonu až po výkon 12,5Ws. Záblesková jednotka je napájena z akumulátoru. Bakalářská práce obsahuje i nabíjecí obvod. Jako výbojku používám výbojku IFK - 120 s maximálním výkonem 120Ws. Maximálního výkonu dosáhneme paralelním spojením čtyř těchto výbojek.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Záblesková jednotka, výbojka IFK – 120

## **ABSTRACT**

In the bachelor thesis deals with the draft of the flash unit to take photos with a maximum output of 400Ws. Draft flash unit includes regulation of maximum output power up to 12.5 Ws. The flash unit is powered from the battery. Bachelor thesis includes a charging circuit. As the lamp using the lamp IFK - 120 with a maximum output of 120Ws. For maximum performance is parallel connection of four of these lamps.

## **KEYWORDS**

The flash unit, lamp IFK - 120

SLAVÍČEK, Tomáš *Výkonová záblesková bateriová jednotka pro fotografii*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2014. 42 s. Vedoucí práce byl Ing. Ondřej Pavelka

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Výkonová záblesková bateriová jednotka pro fotografii“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení S 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno .....

.....

(podpis autora)

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Ondřeji Pavelkovi, za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Brno .....

.....  
(podpis autora)

## Obsah

1. ÚVOD .....	10
2. TEORETICKÝ ROZBOR .....	11
2.1. Záblesková jednotka – blesk.....	11
2.2. Základní charakteristika .....	11
2.3. Směrné číslo .....	12
2.4. Zákon převrácených čtverců.....	12
2.5. Reálné hodnoty směrných čísel blesků.....	13
2.6. Pokrytí scény bleskem .....	14
2.7. Doba nabíjení a výdrž baterií.....	15
2.8. Blesk a ostření ve tmě.....	15
2.9. Manuální blesk .....	16
2.10. Stroboskop .....	17
3. VYPRACOVÁNÍ .....	18
3.1. Blokové schéma zapojení .....	18
3.2. Princip činnosti .....	18
3.3. Akumulátor.....	19
3.3.1. Napětí a nabíjení akumulátoru .....	19
3.3.2. Životnost olověného akumulátoru.....	20
3.3.3. Výběr akumulátoru.....	20
3.3.4. Výdrž akumulátoru.....	21
3.4. Nabíjecí obvod.....	22
3.4.1. Schéma zapojení nabíjecího obvodu .....	23
3.5. Měnič napětí .....	23
3.5.1. Schéma zapojení měniče .....	23
3.6. Výbojka .....	26
3.7. Zapalovací transformátor.....	26
3.8. Akumulační kondenzátor.....	27
3.9. Regulace výkonu .....	28
3.10. Celkové schéma zapojení výbojek.....	30
3.11. Výběr a výpočty součástek .....	31
4. PŘÍLOHY .....	34
4.1. Rozpis součástek.....	34

4.2.	Návrhy desek plošných spojů .....	36
4.3.	Obsah DVD .....	37
4.4.	Celkové schéma zapojení .....	38
5.	ZÁVĚR .....	39
6.	LITERATURA .....	41



## Seznam obrázků

<i>obr. 1: Zákon převrácených čtverců[3]</i> .....	13
<i>obr. 2: Pokrytí scény bleskem[3]</i> .....	14
<i>obr. 3: Ilustrační foto externího blesku</i> .....	16
<i>obr. 4: Blokové schéma zapojení</i> .....	18
<i>obr. 5: Principiální schéma zapojení obvodu výbojky</i> .....	19
<i>obr. 6: Graf vybíjení akumulátoru[4]</i> .....	21
<i>obr. 7: Schéma nabíjecího obvodu</i> .....	23
<i>obr. 8: Schéma zapojení měniče napětí</i> .....	23
<i>obr. 9: Integrovaný obvod UC3842N zapojení pinů[15]</i> .....	24
<i>obr. 10: Graf závislosti času nabíjení akumulační kapacity na výkonu zábleskové jednotky..</i>	25
<i>obr. 11: Blokové schéma regulace výkonu</i> .....	28
<i>obr. 12: Schéma zapojení obvodů výbojek</i> .....	30
<i>obr. 13: Rozmístění vývodů 4N35 [6]</i> .....	33
<i>obr. 14: Deska plošného spoje nabíjecí obvod</i> .....	36
<i>obr. 15: Deska plošného spoje DC/DC měniče</i> .....	36
<i>obr. 16: Deska plošného spoje obvodu výbojek</i> .....	37
<i>obr. 17: Celkové schéma zapojení zábleskové jednotky</i> .....	38

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Tabulka reálných směrných čísel blesků</i> .....	13
<i>Tabulka 2: Manuální nastavení blesku</i> .....	17
<i>Tabulka 3: Čas potřebný k nabití akumulačních kapacit</i> .....	25
<i>Tabulka 4: Parametry IFK - 120</i> .....	26
<i>Tabulka 5: Tabulka regulování výkonů</i> .....	29
<i>Tabulka 6: Rozpis součástek pro nabíjecí obvod</i> .....	34
<i>Tabulka 7: Rozpis součástek pro obvod výbojek</i> .....	34
<i>Tabulka 8: Rozpis součástek pro měnič napětí</i> .....	35

# 1. ÚVOD

V bakalářské práci na téma záblesková jednotka pro fotografii se zabývám teoretickým a praktickým návrhem zábleskové jednotky s plynulou regulací. Regulace je plynule nastavitelná po krocích  $\frac{1}{32}, \frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1$ .

V bakalářské práci reguluji výkon pomocí sepnutí/odepnutí výbojky do obvodu. Výkon reguluji pomocí čtyř výbojek IFK – 120. Tato výbojka má maximální zábleskový výkon 120Ws. Paralelním spojením čtyř výbojek IFK – 120 a vhodným nastavením parametrů, dostáváme výkon 400Ws, který odpovídá maximálnímu výkonu zábleskové jednotky, a jsou k němu zapotřebí čtyři tyto výbojky.

Záblesková jednotka pracuje na principu nabíjení hlavní kapacity, která je vybíjena do výbojky. Návrh zábleskové jednotky obsahuje akumulátor, který pomocí měniče celý obvod napájí. V práci jsem použil olověný akumulátor. Zapojení obsahuje i nabíjecí obvod, kterým akumulátor dobíjíme.

Olověný akumulátor je v obvodu jako zdroj napětí. Napětí z akumulátoru o hodnotě  $U = 12V$ , je pomocí DC/DC měniče převedeno na napětí o hodnotě 325 VDC. Takové napětí je dostačující pro nabíjení hlavních akumulačních kapacit, a tím i ke správné funkci zábleskové jednotky.

Měnič pracuje na frekvenci 40kHz s účinností 90% nabíjí hlavní kapacity proudem  $I = 460mA$ . Důležitým vztahem pro výpočet celkového výkonu v závislosti na přivedeném napětí a velikosti akumulační kapacity je vztah pro výpočet energie nabitého kondenzátoru  $W = \frac{1}{2} C \cdot U^2$ . [11]

V první části se zabývám teoretickým úvodem do problému. V této sekci jsou popsány základní parametry zábleskových jednotek a nejvhodnější nastavení jejich parametrů. Dále jsou zde popsány různé režimy fotografování.

V sekci vypracování se věnuji celkovému návrhu zábleskové jednotky. Je zde popsána regulace výkonu, výběr akumulátoru, návrh a výpočet nabíjecího obvodu pomocí LM 317. Ve vypracování najdeme celková schémata nabíjecího obvodu, regulace výkonu a měniče napětí. Elektronická schémata jsou nakreslena v programu EAGLE.

V závěru jsou zhodnoceny veškeré poznatky z návrhu zábleskové jednotky.

Jako přílohy jsou k bakalářské práci návrhy desek plošných spojů a rozpisky součástek pro jednotlivé obvody. Je zde obsaženo i celkové schéma v programu EAGLE.

# ŘEŠENÍ STUDENTSKÉ PRÁCE

## 2. TEORETICKÝ ROZBOR

### 2.1. Záblesková jednotka – blesk

Blesk (záblesková jednotka) je přídavné světlo podobné silnému reflektoru. Je schopný rovnoměrně osvětlit scénu v určitém úhlu - obvykle se tento parametr udává přepočtený na ohnisko objektivu. Na rozdíl od běžných reflektorů má, ale blesk barvu denního světla (cca 5500 K) a doba jeho svitu je velmi krátká (typicky tisíce vteřiny). Nejlepší představu o tom, jak funguje blesk, získáte, když si ho představíte jako silný reflektor, který nám nasvěcuje scénu.

Není také pochyb o tom, že blesk je extrémně užitečné zařízení s širokou škálou použití. Bohužel má, ale i mnoho nevýhod a tak se často fotografie s bleskem nedaří. Blesk totiž poskytuje specifické světlo, které zvládnout není ani pro moderní „automatiky“ jednoduché, a navíc díky velmi krátké době záblesku jeho účinek na scénu není vidět a je třeba si jej tedy jen představovat. Zdroj[3]

### 2.2. Základní charakteristika

Blesk je silný přídavný reflektor podobný přídavnému reflektoru na videokamerách. U videa je z logiky nutný svit reflektoru po celou dobu natáčení. U fotografie by však světlo reflektoru mimo krátkou dobu expozice bylo stejně k ničemu (senzor/ film je zakryt závěrkou) Proto se zvolilo řešení silné výbojky, která však svítí jen velmi krátkou dobu (řádově tisíce vteřiny).

Protože doba svitu blesku je velmi krátká, tak vliv blesku na scénu/fotografii nelze přímo vidět očima. Lidé si často myslí, že blesk je prostá náhrada denního světla, což ale není pravda a tak snímky s bleskem bývají často zklamáním. Vliv blesku na scénu je nutné se naučit představovat a podle toho volit vhodnou strategii jeho použití. Blesk si přitom lze nejlépe představit jako silný bodový reflektor (například silnou svítilnu, reflektory auta či baterku). Tento „reflektor“ je u vestavěných (interních) blesků nasměrován tam, kam míří objektiv. Není tedy možné jeho světlo nijak směřovat - směr světla je pevně určen jeho vestavěním do přístroje.

Z technického pohledu je blesk výbojka podobná zářivkám. K zapálení takové „zářivky“ je však třeba vysokého napětí a tak blesky jsou doprovázeny elektronikou, která z baterií fotoaparátu nebo externích baterií o typickém napětí 6-12 V (4-8x baterie AA) pomocí měniče vytvoří napětí řádu tisíce voltů. Toto napětí je potom ukládáno do kondenzátorových baterií. V okamžiku, kdy je v kondenzátoru nashromážděn dostatečný náboj pro zapálení výbojky, je blesk připraven k použití. Proces shromažďování náboje však chvíli trvá a blesky (zejména externí) přitom vydávají typický pisklavý zvuk.[3]

### 2.3. Směrné číslo

Je to vlastně maximální výkon. Základním parametrem každého blesku je jeho směrné číslo. Pokud fotografujete s bleskem v běžném slova smyslu, tak výkon blesku pro každý snímek určuje automatika a tak se se směrným číslem nijak nesetkáte. Je však důležité znát maximální směrné číslo vašeho blesku abyste věděli, na jakou maximální vzdálenost má smysl se snažit o dobrou fotografii s bleskem. Znalost směrného čísla a jeho souvislostí je také nezbytná pro manuálně určovanou expozici s bleskem, dálkové odpalování, různé efekty atp. Směrné číslo je objektivní údaj, který měří „sílu“ blesku bez ohledu na další faktory. Je definováno pro ISO 100 a udává maximální vzdálenost metrech, kde je blesk ještě schopen zajistit správnou expozici pro clonové číslo 1. Pro vyšší hodnoty clonových čísel se maximální vzdálenost snadno spočítá jako:

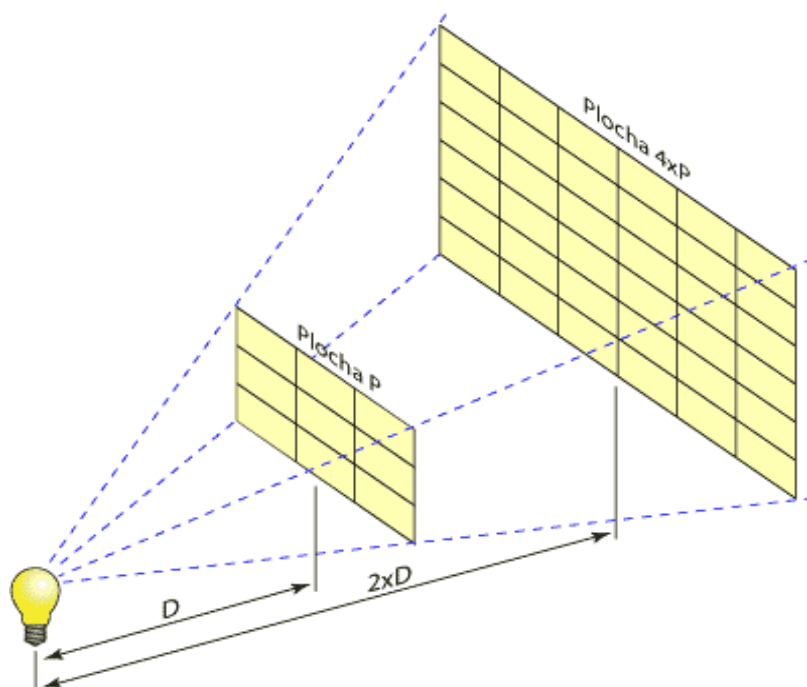
Max. vzdálenost = Směrné číslo / Clonové číslo, platí pro ISO=100

Typické směrné číslo interních blesků DSLR je kolem 12, směrné číslo externích blesků je až kolem 50 i více. Podle zákona převrácených čtverců klesá intenzita světla s druhou mocninou vzdálenosti (to je obecný fyzikální zákon pro jakékoliv světlo, nejen blesk) a tak pokud zvýšíte ISO ze 100 na 200 (obecně 2x), nezvýší se maximální dosvit blesku 2x, ale pouze 1.4x.

**Příklad:** Blesk se směrným číslem 12 při cloně  $f/4$  a ISO 100 je schopen správně exponovat v maximální vzdálenosti  $12/4=3$  metry. Při ISO 200 je schopen správně exponovat do 4,2 metrů ( $3 \cdot 1,4$ ) a při ISO 400 do 6 metrů.[3]

### 2.4. Zákon převrácených čtverců

Zákon převrácených čtverců je základní optický princip, podle kterého intenzita světla dopadajícího na plátno klesá s druhou mocninou vzdálenosti zdroje světla od plátna. Oddálení plátna např. do dvojnásobné vzdálenosti způsobí tedy pokles intenzity světla na plátně čtyřikrát. V praxi to tedy znamená, že intenzita světla do dálky velmi rychle klesá. Intenzita světla na zadním plátně je 4x nižší i přesto, že plátno je jen 2x dál. Světlo se totiž „ředí“ na jeho 4x větší plochu viz obr. 1



obr. 1: Zákon převrácených čtverců[3]

## 2.5. Reálné hodnoty směrných čísel blesků

Jednou z klíčových dovedností práce s bleskem je vědět, kdy blesk vypnout, protože „nemá šanci“. A jeden z dobrých důvodů je, že vzdálenost, kde se nalézá hlavní objekt, je nad síly blesku. Proto uvádíme orientační hodnoty dosahu blesků pro různé třídy fotoaparátů. Uvedená vzdálenost je hrubá maximální vzdálenost pro ISO 400, na kterou je blesk ještě schopen dobře exponovat snímek. Skutečná vzdálenost může být o něco větší, protože je obvykle možné tolerovat určitou podexpozici snímků s bleskem či použít ještě vyšší ISO než 400. Výrobci však často zejména u kompaktních fotoaparátů neuvádějí směrné číslo blesku podle jeho definice, ale tzv. dosah blesku, kde často předpokládají vysoké hodnoty ISO (například 1000). Tím samozřejmě dosah blesku stoupá, ale za cenu velmi zašuměné fotografie.

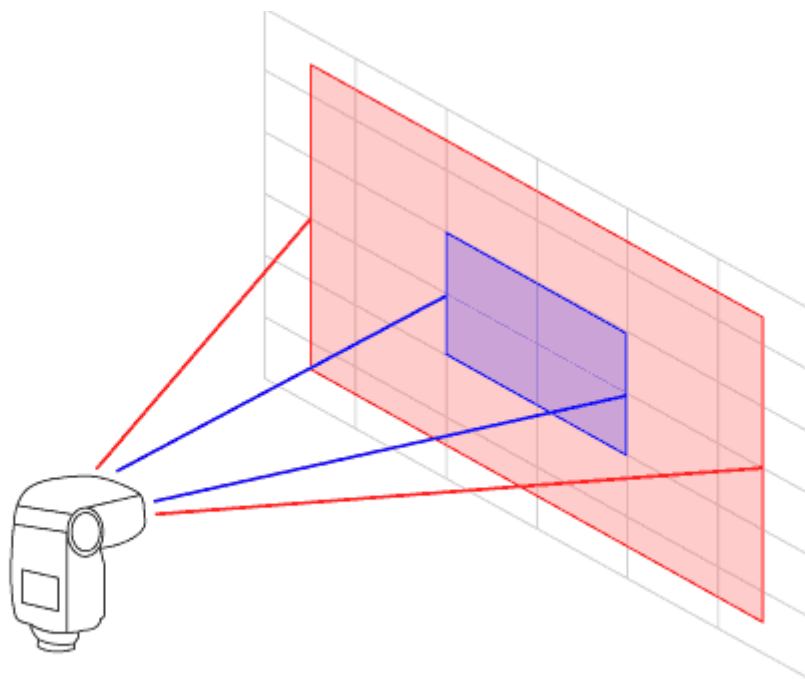
Zástupce	Typické směrné číslo blesku	Orientační max. vzdálenost pro ISO 400 a objektiv se světlostí f/4
Malý kompakt	5	2,5 metru
Pokročilý kompakt	8	4 metry
DSLR - interní blesk	12	6 metrů
Externí blesk (ohnisko 24 mm)	30	15 metrů
Externí blesk (ohnisko 105 mm)	60	30 metrů

Tabulka 1: Tabulka reálných směrných čísel blesků

## 2.6. Pokrytí scény bleskem

U řady obyčejných svítilen bývá možné zužovat či rozšiřovat světlo. Bud' směřovat silnější proud světla do malého prostoru, nebo světlo rozšířit na větší plochu (díky velmi levné optice se u běžných baterek místo rovnoměrného pokrytí setkáte s kruhy, ale světlo bude logicky slabší. Stačí svítit do šířky tolik, aby fotografie byla osvětlená celá, tedy aby neměla tmavé rohy. Potřebnou šíři pokrytí světlem tedy určí aktuální zoom, přesněji aktuální ohnisková vzdálenost objektivu. Čím menší je zoom (kratší ohnisko objektivu), tím více fotografie vidí do šířky a tím více do šířky je i třeba svítit bleskem. Naopak při silném přiblížení (použití dlouhého ohniska) stačí světlo blesku směřovat na poměrně malou plochu scény.

Každý blesk umí pokrýt malou (úzkou) scénu (modře). Horší je to se širokým pokrytím, kdy blesk již nesvítí dostatečně do strany a zejména rohy fotografie mohou být tmavé (označeno červeně) viz *obr. 2.*[3]



*obr. 2: Pokrytí scény bleskem*[3]

U kompaktních fotoaparátů je vždy zajištěno, aby vestavěný blesk osvětlil nejširší ohnisko vestavěného objektivu. Do potíží se tak dostanete pouze při použití širokoúhlých předsádek. U digitálních zrcadlovek však objektiv „není definován“ (lze nasadit libovolný), a tak nejširší pokryté ohnisko interním bleskem je třeba hledat v technických parametrech fotoaparátu. Bývá kolem 25 mm po přepočtu a tedy pro menší senzory typicky kolem 17 mm. Použijete-li širší objektiv společně s interním bleskem, budou opět rohy fotografie tmavé. Naopak pokud použijete ohnisko delší, fotografie bude v pořádku, ale blesk bude svítit zbytečně do strany a světlem se tak plýtvá. Zdroj [3]

## 2.7. Doba nabíjení a výdrž baterií

Shromažďování náboje nutného pro zapálení a následné hoření blesku z baterií do kondenzátoru chvíli trvá. Stejně tak kondenzátor není ideální, část energie v průběhu času ztrácí a tak je třeba ho vždy po několika vteřinách znova dobít na plnou hodnotu, kdy je náboj připraven na nejsilnější záblesk. Čím slaběji musí blesk blesknout, tím menší množství náboje je z kondenzátoru odebráno a tím rychleji je blesk opět připraven k použití. Elektronika totiž musí doplnit do kondenzátoru jen tolik energie, kolik jí blesk vyčerpá. Čím nižší tedy použijete clonové číslo (ponecháte otevřenější clonu), tím menším výkonem musí blesk blesknout, tím méně energie z kondenzátoru odčerpáte a tím rychleji je blesk opět připraven. Stejně tak blesku i bateriím usnadníte práci vyšší nastavenou ISO citlivostí. Nejdelší doby dobíjení se dosáhne pokud blesk bleskne naplno a vybijí tedy náboj z kondenzátoru zcela. Stejně dlouho obvykle trvá první nabití kondenzátoru po zapnutí (vysunutí) blesku. Obvyklá doba nabití kondenzátoru z 0 na plný stav je s novými bateriemi kolem 3 až 10 vteřin. Čím více je nutné blesk (respektive kondenzátor v blesku) dobíjet, tím více energie je také nutné z baterií odebrat. Slabší záblesky tedy nejen urychlují opětovnou připravenost blesku k použití, ale šetří i baterie. A naopak vybité baterie (byť jen částečně) silně zpomalují opětovné nabití blesku, protože již nejsou schopné dodat elektronice potřebný výkon. Plně nabité baterie jsou obvykle schopné zajistit kolem 100 až 500 záblesků plného výkonu.

Vestavěné blesky většinou nedovolí fotografovat, pokud v kondenzátoru není shromážděn dostatek náboje na plný záblesk blesku. Naopak externí blesky obvykle fotografovat umožní a buď neblesknou vůbec nebo jen takovou energií, kterou mají aktuálně k dispozici. Fotograf potom musí sledovat i stav nabití blesku, jinak riskuje podexponovaný snímek.[3]

## 2.8. Blesk a ostření ve tmě

Drtivá většina dnešních fotoaparátů používá k zaostřování tzv. pasivní ostřicí systém, a to buď na bázi detekce kontrastu (kompaktní fotoaparáty a DSLR v režimu Živého náhledu) nebo fázové detekce (DSLR ostření pomocí AF bodů). Oba, ale fungují na principu hledání takové polohy čoček v objektivu, kdy senzor vidí obraz ostrý. Hledání správné polohy čoček je v hledáčku či na displeji velmi dobře vidět a není bez zajímavosti, že na stejném principu pracuje i lidské oko. Nevýhodou pasivního ostření však je, že ke své práci potřebuje vidět. V šeru se ostření prodlužuje, jeho spolehlivost klesá až selže zcela.

Fotoaparáty se snaží tento limit obejít a poklesne-li hladina světla pod úroveň, kdy pasivní ostření dobře funguje, tak si na scénu posvítí. Buď k tomu využívají klasické pomocné světlo vestavěné ve fotoaparátu (např. Nikon) nebo zamrkají interním bleskem (některé Canony), a tím si na scénu posvítí.

Externí blesky jsou často vybaveny pokročilejším systémem infračerveného ostření. Jedná se o vysílače pomocného infračerveného světla (AF Assist Lamp, AF Assist Illuminator) navázané na ostřicí body fotoaparátu a schopné zajistit ostření ve tmě až na vzdálenost 10

metrů. Pokud tedy externí blesk má integrovaný pomocný ostřicí systém, bude s nasazeným externím bleskem váš fotoaparát rychle a přesně ostřit téměř za všech světelných podmínek včetně úplné tmy. [3]



*obr. 3: Ilustrační foto externího blesku*

## **2.9. Manuální blesk**

V režimu manuální blesk umožní elektronika blesku nastavit jak zoom, čili úhel pokrytí světlem, tak výkon manuálně. Výkon blesku je zvykem zadávat ve zlomcích maximálního výkonu - např. od 1/1 (blesk naplno) až do 1/128 výkonu, tedy o 7 EV méně., Manuálním nastavením výkonu blesku se vlastně nastavuje jeho aktuální směrné číslo.

Jako příklad možností manuálního blesku uvádím blesk Pentax AF-360FGZ, který má rozsah nastavení manuálního blesku od plného výkonu do 1/32, tedy o 5 EV méně. Šedý sloupec odpovídá maximálnímu výkonu blesku a udává tedy jeho maximální směrné číslo v závislosti na nastavení zoomu hlavy.

Manuální blesk se nedá efektivně použít při reportáži. Dramatické změny vzdálenosti k hlavnímu objektu by totiž vedly téměř vždy ke špatné expozici. Má, ale smysl v případě, že snímáte podobnou scénu (např. měníte reklamní předměty na stole) a snímáte ze stativu a tudíž ze stále stejné vzdálenosti. Potom je lepší vyladit expozici bleskem a nastavit ji



v manuálním režimu. Máte tak zajištěno, že jednotlivé obrázky budou expozičně jeden jako druhý. Zdroj [3]

Zoom hlavy blesku	Nastavený výkon					
	1/1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32
85 mm	36	25	18	12,5	9	6
70 mm	33	23	16,5	11,5	8	5,5
50 mm	30	21	15	10,5	7,5	5,4
35 mm	25	18	12,5	9	6	4,3
28 mm	22	16	11	8	5,5	4
24 mm	21	15	10,5	7,5	5	3,6
20 mm	14	10	7	5	3,5	2,5

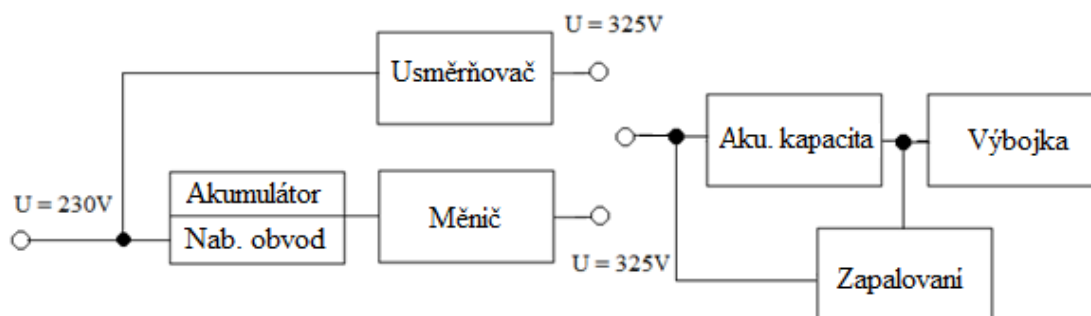
*Tabulka 2: Manuální nastavení blesku*

## 2.10. Stroboskop

Funkce stroboskop (někdy též opakovaný blesk - *Repeating Flash, Multi*) zajistí větší počet záblesků během jedné expozice. Jedná se tak vlastně o vícenásobnou expozici v čase, kdy výsledkem je pouze jedna fotografie. Většina blesků umožňuje nastavit počet záblesků, frekvenci záblesků v Hz (= počet záblesků za vteřinu), výkon jednotlivých záblesků a zoom hlavy (= šíři pokrytí světlem). Je logické, že expoziční čas pak musí být delší než počet záblesků dělený frekvencí záblesků. V režimu stroboskop většinou nelze aktivovat expoziční automatiku blesku. Citováno z [3]

### 3. VYPRACOVÁNÍ

#### 3.1. Blokové schéma zapojení



obr. 4: Blokové schéma zapojení

Jak je vidět na *obr. 4* je blokové schéma zábleskové jednotky složeno z akumulátoru (baterie), který je zdrojem energie pro měnič napětí. Záblesková jednotka je doplněna o nabíjecí obvod, kterým dobíjíme akumulátor ze síťového napětí (230V).

Dalším důležitým prvkem je měnič napětí. Měnič napětí nám převádí napětí z akumulátoru na napětí nezbytné ke správnému chodu zábleskové jednotky. Přesně řečeno z napětí akumulátoru (12V) na napětí potřebné k dosažení potřebného výkonu na výbojce tj. 325V.

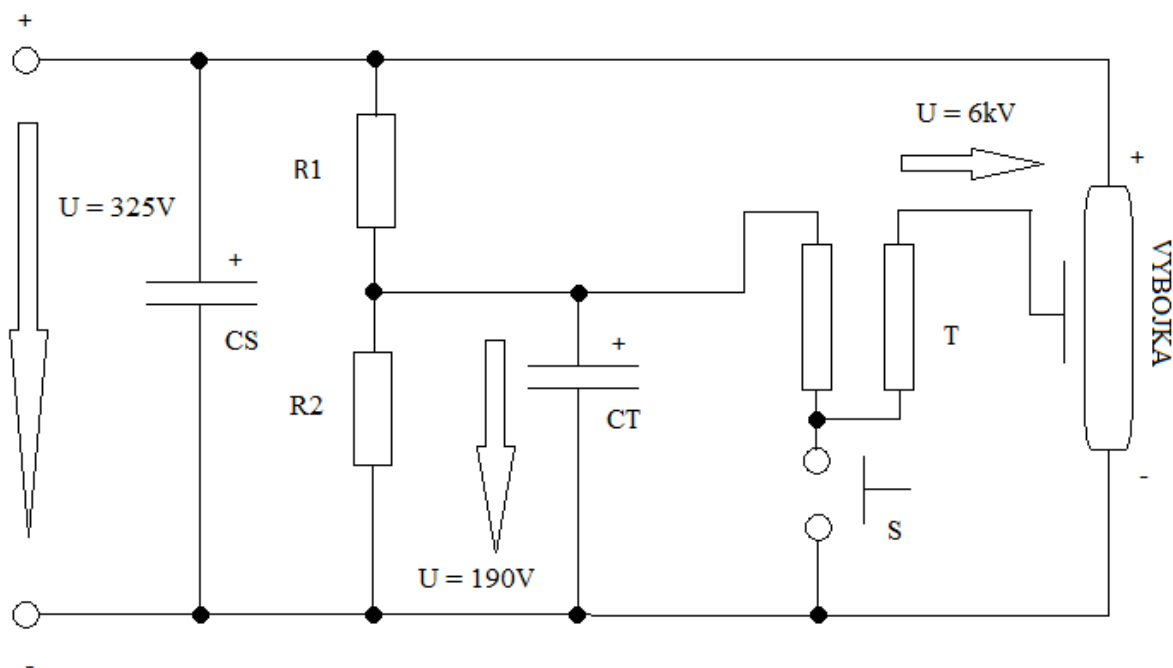
Akumulační kondenzátor vysoko-kapacitní kondenzátor, který je nabíjen měničem napětí, a poté vybíjen do obvodu výbojky. Je nezbytnou součástí zábleskové jednotky.

Obvod výbojky se skládá ze samotné výbojky, zapalovacího transformátoru a zapalovací kapacity. Jako výbojku používáme výbojku IFK – 120 o maximálním výkonu 120Ws. Více parametrů viz. *Tabulka 4*.

Obvod zapalování obsahuje zapalovací kondenzátor a zapalovací transformátor (cívku).

#### 3.2. Princip činnosti

Na *obr. 5* můžeme vidět schéma zábleskové jednotky. Je tvořena hlavní (akumulační) kapacitou  $C_s$ , která je v řádech stovek mikrofardů až několika milifaradů. Další součástí je zapalovací kapacita  $C_T$ , zapalovací transformátor  $T$  a výbojka.



obr. 5: Principiální schéma zapojení obvodu výbojky

V prvním kroku je z měniče nabíjena hlavní kapacita (akumulační)  $C_S$ . To může trvat řádově několik sekund. Rychlost nabíjení akumulace je přímo úměrná výkonu měniče resp. jeho výstupnímu proudu. Po nabití akumulace je přes dělič  $R_1$  a  $R_2$  nabíjena kapacita pro zapalovací transformátor. Tato kapacita je zpravidla v řádech setin milifaradů, ovšem musí být schopná vydržet vysoké napětí. Poté čeká celý systém na „odpálení“. To je možné několika způsoby např. tlačítkem nebo signálem z fotoaparátu. Po uvedení zařízení do chodu je vybita zapalovací kapacita do zapalovacího transformátoru, ten vytvoří silný napěťový výboj (6kV), který ionizuje plyn ve výbojce, a výbojka se tím stává vodivou. V tom okamžiku je vybita hlavní kapacita do výbojky a vznikne silný napěťový výboj. Tento výboj (záblesk) trvá řádově několik milisekund (mikrosekund). Poté se celý proces opakuje znovu.

### 3.3. Akumulátor

Olověný akumulátor je sekundární galvanický článek s elektrodami na bázi olova, jehož elektrolytem je kyselina sírová. Hlavní výhodou olověných akumulátorů je schopnost dodávat vysoké rázové proudy. Tyto vlastnosti, spolu s jejich nízkou cenou, je atraktivní např. pro startování automobilu. [12]

#### 3.3.1. Napětí a nabíjení akumulátoru

- Jmenovité napětí jednoho článku jsou 2V.
- Napětí naprázdno nabitě šesti-článekové baterie je 12,6 – 12,8V
- Napětí naprázdno vybité šesti-článekové baterie je 11,8 – 12V
- Napětí zatíženého článku, při kterém se má ukončit vybíjení je 1,75V
- Pro šesti-článekovou baterii to je 10,5V
- Napětí pro občasné dobíjení baterie je 14,6– 14,8V
- Napětí při, kterém začíná výrazná tvorba vodíku a kyslíku je 2,4V(pro jeden článek)

Po ukončení nabíjení baterie do plného nabití klesne napětí rychle na 13,2V a pomalu na 12,6V.

Pozn. Všechna napětí jsou platná pro teplotu 20°C, v případě změny teploty se tyto údaje musí vhodně upravit.

### 3.3.2. Životnost olověného akumulátoru

Olověný akumulátor má omezení, které spočívá v tom, že když je delší dobu – řádově dny – ponechán v nedostatečně nabitém (případně vybitém) stavu, tak na jeho elektrodách dochází k tzv. sulfataci, která výrazně snižuje jeho kapacitu. Proto poté, co je olověný akumulátor používán, je potřeba ho brzy dobít. Sulfataci rozumíme postupný vznik krystalického síranu olovnatého přeměnou z amorfního síranu, který vznikl na elektrodách při vybíjení. Zmíněný pokles kapacity v důsledku sulfatace je způsoben tím, že na rozdíl od původního amorfního síranu, se vzniklé krystaly zúčastňují přeměn aktivní hmoty elektrod jen ve velmi omezené míře. Kapacitu sulfatací zasaženého akumulátoru je ve větší nebo menší míře možné obnovit postupem zvaným *desulfatace*. Ta spočívá v upraveném nabíjení (např. pomocí krátkých pulzů většího proudu), které převádí krystalický síran zpět na aktivní hmoty elektrod. Funkcí *desulfatace* jsou vybaveny některé "inteligentní" nabíječky olověných akumulátorů.[12]

### 3.3.3. Výběr akumulátoru

Jak již bylo zmíněno pro naše účely budeme potřebovat akumulátor s výstupním napětím 12V. Záblesková jednotka je náročná na odebírání vysokého proudu z akumulátoru (13,9A). Dalším důležitým aspektem je výdrž (kapacita) akumulátoru, která je přímo závislá na počtu záblesků ze zábleskové jednotky.

Z výše uvedených faktů jsem vybral olověný akumulátor, který není náchylný na odebírání vysokých proudů a má dostatečně velkou kapacitu, oproti NiMH akumulátorům. Další nespornou výhodou je jednoduchost nabíjení, odolnost vůči přebíjení a podbíjení. V neposlední řadě také to, že olověné akumulátory nemají paměťový efekt. Největší nevýhodou jsou poměrně velká váha a rozměry baterie, kde jsou NiMH a LiFePo4 vhodnější.[12]

Vybral jsem akumulátor 12V/7,5Ah od firmy MOTOMA. Jedná se o bezúdržbový akumulátor.[4]

#### Technické údaje:

- Napětí 12V
- Kapacita 7,5Ah
- Rozměry 151 × 65 × 94mm
- Hmotnost : 2300g
- Vnitřní odpor (plně nabitá baterie) je 22mΩ
- Záložní provoz : 13,6 – 13,8V
- Počáteční proud  $\leq 2,25A$

- Samovybíjení 3%, 25°C

### 3.3.4. Výdrž akumulátoru

Výpočet výdrže baterie vychází ze vztahu pro náboj kondenzátoru [11]:

$$Q = I \cdot t \Rightarrow t_c = \frac{Q}{I} = \frac{27000}{13,9} = 1942,4s \quad (1)$$

$$Q = 7,5Ah = 450Amin = 27000As$$

$$I_1 = 13,9A$$

Počet záblesků na maximální výkon je roven:

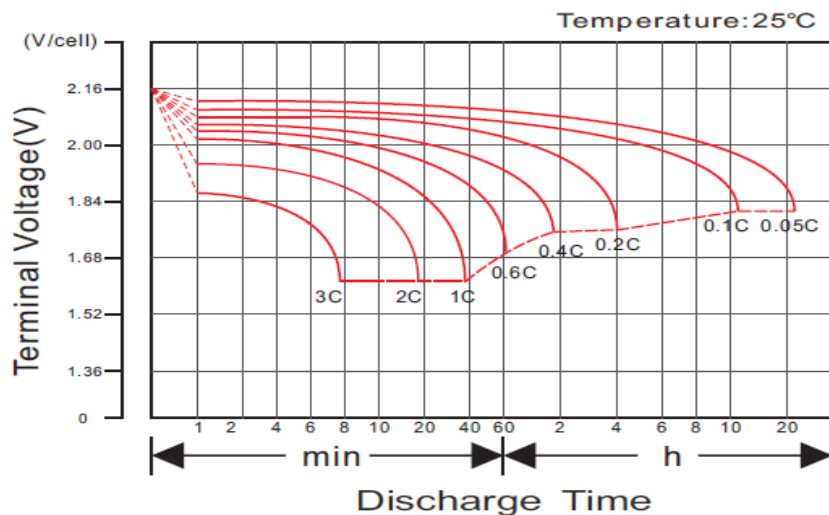
$$N = \frac{t_c}{t_{400}} = \frac{1942,4}{5,37} = 362 \text{ záblesků} \quad (2)$$

Počet záblesků na minimální výkon je roven:

$$N = \frac{t_c}{t_{12,5}} = \frac{1942,4}{0,16} = 12140 \text{ záblesků} \quad (3)$$

Nabíjecí časy kapacit jsou dle *Tabulka 3: Čas potřebný k nabití akumulčních kapacit*

Ovšem tohle je pouze teoretický údaj. Z katalogového listu autobaterie (viz [4] ) je vidět, že pokud vybíjíme baterii proudem 2C, což odpovídá proudu, který odebíráme z baterie v našem případě, je baterie schopná vydržet okolo 20 minut (odečteno z grafu *obr. 6*) neustálého provozu. Tudíž nám počet záblesků značně klesne.



*obr. 6: Graf vybíjení akumulátoru[4]*

$$N = \frac{t_c}{t_{400}} = \frac{1200}{5,37} = 223 \text{ záblesků na maximální výkon.} \quad (4)$$

### 3.4. Nabíjecí obvod

Jako nabíjecí obvod jsem zvolil obvod s integrovaným obvodem LM 317. Akumulátor nabíjíme  $\frac{1}{10}$  proudu ( $0,1C=750\text{mA}$ ), což je nejběžnější způsob nabíjení olověných akumulátorů.

Pro nabíjecí obvod jsem použil transformátor se vstupním napětím 230V a výstupním napětím 12V. Výstupní napětí je následně usměrněno usměrňovačem, zapojeným jako *graetzův* můstek z diod 1N4007 na hodnotu 17V ( $U_S = 12 \cdot \sqrt{2} = 17\text{V}$ ). Pro správnou stabilizaci obvodem LM 317 musí být výstupní napětí menší než napětí, které do něj vstupuje.

Maximální proud nabíječky nastavujeme odporem  $R_4$ . Tento odpor vypočítáme dle vztahu:

$$R_3 = \frac{U_B}{I_{MAX}} = \frac{0,65}{0,750} = 0,87\Omega \quad \text{volím } R_3 = 1\Omega \Rightarrow I_{MAX} = 0,65\text{A}=650\text{mA} \quad (5)$$

$U_B$       napětí potřebné k otevření tranzistoru

$I_{MAX}$     maximální výstupní proud

Výstupní napětí nastavujeme výstupním děličem  $R_1$  a  $R_2$ . Z katalogového listu obvodu LM 317 vyplývá:

$$U_0 = U_{REF} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{ADJ} \cdot R_2 \quad (6)$$

$U_0$       výstupní napětí, volíme mezi 14 – 15V pro olověný akumulátor

$U_{REF}$     referenční napětí ( $U_{REF}=1,25\text{V}$ )

$R_1$       volíme  $240\Omega$  (doporučení výrobce)

$I_{ADJ}$      $I_{ADJ} = 0,1\text{mA}$  (v katalogu označené jako *adjustment pin current*)

Z výše uvedeného vztahu vyplývá, že odpor  $R_2 = 2500\Omega$ , při zvoleném napětí  $U_0 = 14,6\text{V}$ . Rezistor o hodnotě  $2500\Omega$  nelze sehnat, a tak jsem sériově propojil rezistory  $R_{21} = 2400\Omega$  a  $R_{22}=100\Omega$

Obvod je pro větší výstupní proudy nutno osadit na chladič. Výkonové ztráty spočítáme dle vztahu:

$$P_z = (U_1 - U_0) \cdot I_{MAX} = (17 - 14,6) \cdot 0,750 = 1,80\text{W} \quad (7)$$

Pro takovou výkonovou ztrátu je nutno obvod umístit na chladič. Obvod LM 317 má maximální vstupní napětí  $U_{1max} = 40\text{V}$  a maximální proud  $I_{MAX} = 1,5\text{A}$ . [7]

Pro nabíjecí obvod jsem byl použit toroidní transformátor 230/2×12V 1A s rozměry 71×31,5mm. Tento transformátor má dvě sekundární vinutí, ovšem nám postačí pouze jedno

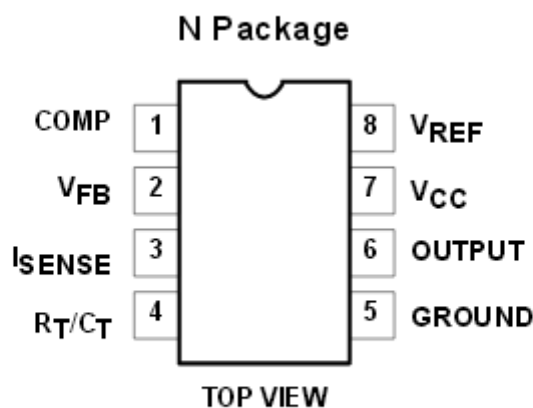


nám snímá proud. Měnič napětí pracuje se střídou  $s > 0,5$  což je výhodnější především u měničů s nízkým napájecím napětím. Kvůli střídě nad 50% musí být měnič vybaven kompenzační strmostí. To nám zaručuje tranzistor  $T_1$  (BC547) společně s odporem  $R_4$  ( $3300\Omega$ ).

Dioda  $D_1$  (BYW51 – 200) by měla být připojena na chladič. Ostatní součástky by nemělo být potřeba chladit.

Jako transformátor  $T_{r1}$  máme feritový transformátor. Střední sloupek jádra má rozměry  $12 \times 15 \text{ mm}$ , průřez  $S = 1,8 \text{ cm}^2$ . Celková velikost mezery je  $2,4 \text{ mm}$ . Na sekundární vinutí použijeme drát o průměru  $0,35 - 0,40 \text{ mm}$ . Sekundární vinutí má 80 závitů. Primární vinutí má 6 závitů a použijeme na něj drát o průměru  $0,5 \text{ mm}$ .  $L_1$  je tlumivka s indukcí  $68 \mu\text{H}/1 \text{ A}$  toroidní.

Proudový transformátor má primární vinutí 1 závit, sekundární 60 závitů. Pracovní frekvence měniče je  $40 \text{ kHz}$  s účinností 90% při plném zatížení.



obr. 9: Integrovaný obvod UC3842N zapojení pinů[15]

### Důležité parametry měniče:

Vstupní napětí = napětí akumulátoru =  $12 \text{ V}$

Výstupní napětí =  $325 \text{ V}$

Účinnost měniče  $\eta = 90\%$

Výkon měniče  $P_2 = 150 \text{ W}$

Z daných hodnot vypočteme příkon  $P_1$  ze vztahu :

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{150}{0.9} = 166,7 \text{ W} \quad (8)$$

Z hodnot příkonu a vstupního napětí dopočítáme vstupní proud:

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{166,7}{12} = 13,9 \text{ A} \quad (9)$$



Výstupní proud měniče vypočítáme jako:

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{150}{325} = 0,46\text{A} \quad (10)$$

Z hodnoty proudu  $I_2$  dopočítáme čas potřebný pro nabití kondenzátoru:

$$C \cdot U_2 = I_2 \cdot t \Rightarrow t = \frac{C \cdot U_2}{I_2} = \frac{7,6 \cdot 10^{-3} \cdot 325}{0,46} = 5,36\text{s} \quad (11)$$

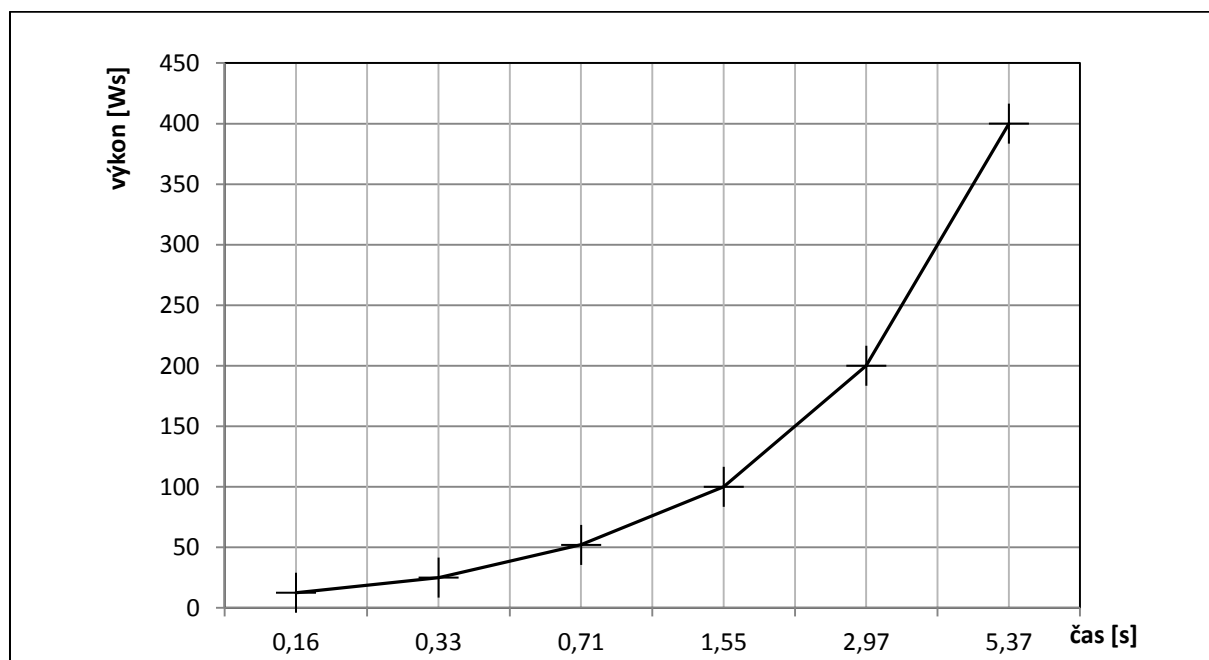
kde:  $U_2$     výstupní napětí měniče [V]  
 $C$         kapacita [F]  
 $I_2$         výstupní proud [A]  
 $t$          čas potřebný k nabití kondenzátoru [s]

#### Čas potřebný k nabití akumulární kapacity:

Výkon[Ws]	Kapacita[mF]	Čas nabíjení[s]
12,5	0,22	0,16
25	0,47	0,33
52	1	0,71
100	2,2	1,55
200	4,2	2,97
400	7,6	5,37

Tabulka 3: Čas potřebný k nabití akumulárních kapacit

#### Graf závislosti času nabíjení akumulární kapacity na výkonu:



obr. 10: Graf závislosti času nabíjení akumulární kapacity na výkonu zábleskové jednotky

Z grafu *obr. 10* je vidět závislost velikosti akumulčního kondenzátoru resp. výkonu na čase nabíjení tzn. čím větší výkon resp. akumulční kapacita, tím delší doba nabíjení při konstantním napětí.

### 3.6. Výbojka

Je nedílnou součástí zábleskové jednotky. Výbojka je zařízení vydávající velký světelný Tok (záblesk) ve velmi krátkém časovém úseku. Její využití je hlavně ve fotografickém průmyslu pro osvětlování fotografovaných předmětů a jiných fotografovaných „cílů“. Dá se využít také pro stroboskopické pozorování. Doba trvání hoření je v rozmezí  $\frac{1}{300} - \frac{1}{5000}$ s.

Cena výbojky je závislá na jejím maximálním výkonu. Pro naše účely bude postačovat výbojka s maximálním zábleskovým výkonem 400Ws (Ws = J je jednotka výkonu vztažena k časovému intervalu jedné sekundy, je to vlastně výkon v čase). Kvalitní výbojku o výkonu 400Ws je obtížné sehnat za rozumnou cenu a distributoři nenabízí jejich katalogové hodnoty jako maximální napětí, minimální napětí apod.

Vzhledem k těmto aspektům jsem zvolil ruskou výbojku IFK-120. Tato výbojka má maximální výkon 120Ws, spojením čtyřech těchto výbojek dostáváme zábleskovou soustavu o hodnotě 480Ws. Nastává zde problém v odpálení, které musí být provedeno v krátkém časovém intervalu ovšem vzhledem k tomu, že závěrka blesku je otevřená cca.  $\frac{1}{60}$  s a záblesk trvá cca.  $\frac{1}{2000}$  s je zde dostatečný časový prostor.

#### Parametry IFK – 120:

$U_{\min}$	180V
$U_{\max}$	450V
$U_{jmen}$	330V
W	120Ws
Životnost	20000 záblesků
Interval mezi záblesky	10s

Tabulka 4: Parametry IFK - 120

### 3.7. Zapalovací transformátor

Pro zapálení výbojky je třeba zapalovací transformátor. Zapalovací transformátor je transformátor, na jehož primární stranu přivedeme napětí v řádech stovek voltů, a na výstupu transformátoru máme napětí v řádech několika kilovoltů potřebných pro zapálení výbojky. Tento vysoko-napěťový výboj ionizuje plyn ve výbojce. Ten se stává vodivým. Jako zapalovací transformátor pro realizaci naší zábleskové výbojky jsem vybral transformátor TC - 6 o těchto parametrech [5]:

$$U_1 = 190\text{V}$$

$$U_2 = 6\text{kV}$$

$$C_T = 0,05\mu\text{F}$$

kde:  $U_1$  vstupní napětí transformátoru  
 $U_2$  výstupní napětí transformátoru  
 $C_T$  kapacita před transformátorem sloužící pro uchování energie před spuštěním obvodu tzv. zapalovací kapacita.

Jako zapalovací kapacita  $C_T$ , byl vybrán elektrolytický kondenzátor  $0,047\mu\text{F}/250\text{V}$

### 3.8. Akumulační kondenzátor

Hlavní kondenzátor (kapacita), který je nabíjen z měniče a po „odpálení“ obvodu je vybíjen do výbojky. Je nedílnou součástí zábleskové jednotky, a přímo úměrně na něm závisí výkon zábleskové jednotky. Hodnota akumulčního kondenzátoru vychází ze vztahu [11]:

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \quad (12)$$

kde:  $W$  energie záblesku [W]  
 $C$  akumulční kapacita [F]  
 $U$  napětí přivedené na kondenzátor [V]

Z rovnice (12) vyjádříme vztah pro hodnotu akumulčního kondenzátoru:

$$C = \frac{2 \cdot W}{U^2} \quad (13)$$

Ze vztahu (13) vypočítáme hodnoty kapacit:

$$C_{400\text{Ws}} = \frac{2 \cdot 400}{325^2} = 7,57\text{mF} \quad (14)$$

$$C_{232\text{Ws}} = \frac{2 \cdot 232}{325^2} = 4,39\text{mF} \quad (15)$$

$$C_{116\text{Ws}} = \frac{2 \cdot 116}{325^2} = 2,19\text{mF} \quad (16)$$

$$C_{52\text{Ws}} = \frac{2 \cdot 52}{325^2} = 0,98\text{mF} = 980\mu\text{F} \quad (17)$$

$$C_{25\text{Ws}} = \frac{2 \cdot 25}{325^2} = 0,49\text{mF} = 490\mu\text{F} \quad (18)$$

$$C_{12,5\text{Ws}} = \frac{2 \cdot 12,5}{325^2} = 0,23\text{mF} = 230\mu\text{F} \quad (19)$$

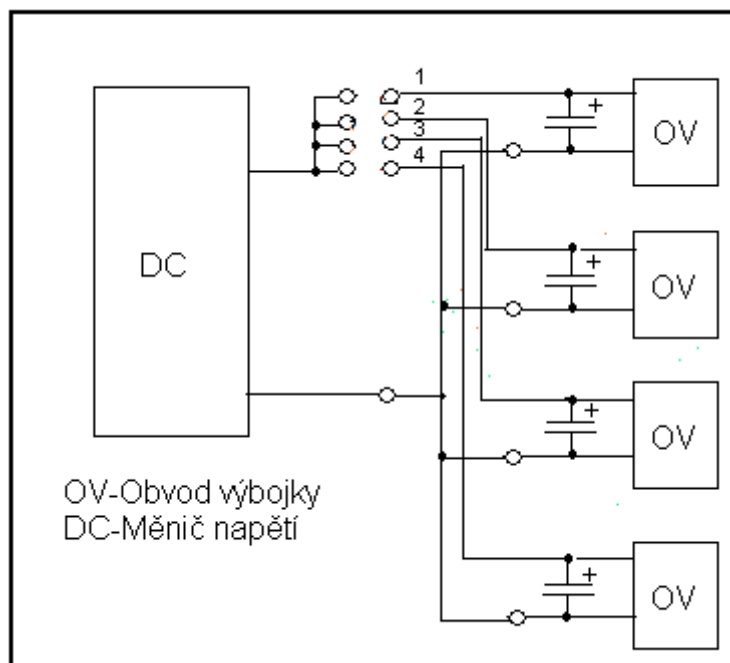
Z rovnic (14) až (19) byly nejvhodněji zvoleny kapacity pro jednotlivé výbojky s ohledem na regulaci výkonu. Zvolil jsem kondenzátory o hodnotách  $220\mu\text{F}$ ,  $470\mu\text{F}$ ,  $1\text{mF}$  a  $2,2\text{mF}$ . Kondenzátory jsou pro maximální napětí  $450\text{V}$ , což je pro naše účely zcela dostatečné.

**Celková kapacita pro maximální výkon je:**

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 7,6\text{mF} \quad (20)$$

### 3.9. Regulace výkonu

Regulace výkonu bude pro naši zábleskovou jednotku v krocích od  $\frac{1}{1}$  (plný výkon) až po  $\frac{1}{32}$  výkonu, což odpovídá 12,5Ws. Výkon regulujeme pomocí změny a kapacity a přepínáním výbojek do obvodu.



obr. 11: Blokové schéma regulace výkonu

Na obr. 11 je zjednodušené blokové schéma regulace výkonů. Jak již bylo předesláno regulace je prováděna přepínáním obvodů s výbojkami do obvodu. Každý obvod výbojky pracuje na konstantním napětí z měniče o hodnotě 325V. Obvody výbojek 2 – 4 mají jedinou kapacitu a to 2,2mF. To při napětí 325V dává celkový výkon jednoho obvodu výbojky s výbojkou IFK – 120 :

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = 0,5 \cdot 325^2 \cdot 2,2 \cdot 10^{-3} = 116\text{Ws} \quad (21)$$

Připnutím 3 výbojek do obvodu dostáváme výkon o hodnotě 348Ws.

První obvod výbojky je složen z několika kapacit pro možnou regulaci nižších výkonů. V tomto obvodu je možné výkon regulovat od  $\frac{1}{4}$  po  $\frac{1}{32}$ . Tento obvod dosahuje maximálního výkonu 52Ws pro 1mF kapacity. Připnutím obvodu do soustavy výbojek dostáváme celkový výkon zábleskové jednotky.

## Regulace výkonu

$\frac{1}{32}$  výkonu je dosaženo pouze jednou výbojkou a kondenzátorem o kapacitě  $220\mu\text{F}$ .

$\frac{1}{16}$  výkonu je dosaženo pouze jednou výbojkou a kondenzátorem o kapacitě  $470\mu\text{F}$ .

$\frac{1}{8}$  výkonu je dosaženo pouze jednou výbojkou a kondenzátorem o kapacitě  $1\text{mF}$ .

$\frac{1}{4}$  výkonu je dosaženo pouze jednou výbojkou a kondenzátorem o kapacitě  $2,2\text{mF}$ .

$\frac{1}{2}$  výkonu je dosaženo dvěma výbojkami s kondenzátory o kapacitách  $2,2\text{mF}$ .

Plného výkonu je dosaženo čtyřmi výbojkami s kondenzátory o kapacitách  $2,2\text{mF}$  a  $1\text{mF}$  (tři obvody s výbojkami s  $2,2\text{mF}$  kapacitou a jeden obvod s výbojkou s  $1\text{mF}$  kapacitou)

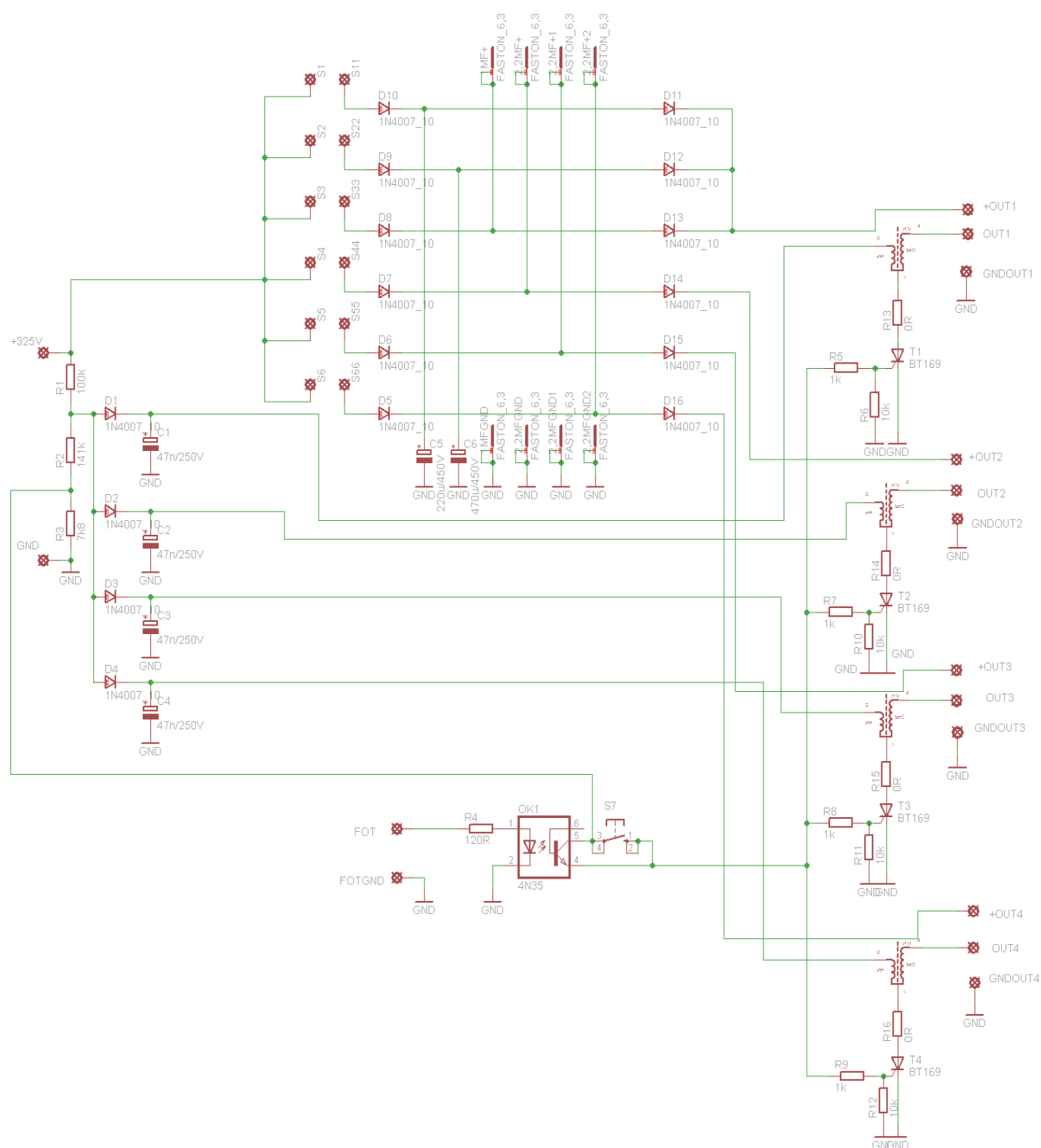
Napětí je konstantní pro všechny obvody s výbojkami tj.  $U=325\text{V}$ .

Pro přehlednost uvádím ještě tabulku:

Spínač/sepnut	Výkon[Ws]	Akumulační kondenzátor[mF]	Počet výbojek
S1	12,5	0,22	1
S2	25	0,47	1
S3	52	1	1
S4	116	2,2	1
S4,S5	232	4,4	2
S4,S5,S6,S3	400	7,6	4
Napětí: 325 V			

*Tabulka 5: Tabulka regulování výkonů*

### 3.10. Celkové schéma zapojení výbojek



obr. 12: Schéma zapojení obvodů výbojek

### 3.11. Výběr a výpočty součástek

Kapacity C5 až C10 jsou akumulací kapacity nabíjené na napětí 325V. Vybral jsem kondenzátory:

$$C_5 = 220\mu\text{F}/450\text{V}$$

$$C_6 = 470\mu\text{F}/450\text{V}$$

$$C_7 = 1\text{mF}/450\text{V}$$

$$C_8 = C_9 = C_{10} = 2,2\text{mF}/450\text{V} [13]$$

Rezistory  $R_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$  jsou zapojeny jako dělič napětí. [14]

$U_1 = 325\text{V}$ ;  $U_2 = 190\text{V}$ ;  $R_1$  volím  $100\text{k}\Omega$  ze vztahu pro dělič napětí spočítáme odpor  $R_2$ :

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_1 \Rightarrow R_2 = \frac{U_2 \cdot R_1}{U_1 - U_2} = \frac{190 \cdot 100000}{325 - 190} = 141\text{k}\Omega \quad (22)$$

Volím rezistor  $R_2 = 140\text{k}\Omega$

Obdobně spočítáme rezistor  $R_3$ :

$$U_2 = 190\text{V}; U_3 = 10\text{V}; R_2 = 140\text{k}\Omega$$

$$R_3 = \frac{U_3 \cdot R_2}{U_2 - U_3} = \frac{10 \cdot 140000}{190 - 10} = 7777\Omega \quad (23)$$

Volím rezistor (nejbližší nižší)  $R_3 = 7500\Omega \Rightarrow U_3 = 9,7\text{V}$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{325}{247500} = 0,0013\text{A} = 1,3\text{mA} \quad (24)$$

$$P_Z = U \cdot I = I^2 \cdot R \quad (25)$$

$$P_{Z100k} = 0,169\text{W}$$

$$P_{Z140K} = 0,237\text{W}$$

$$P_{Z7k5} = 0,014\text{W}$$

Rezistory dimenzované na  $P_Z = 0,6\text{W}$  budou zcela vyhovující.

Rezistory  $R_5, R_7, R_8, R_9$  jsou rezistory chránící *gate* tyristoru (omezení proudu) jejich hodnota je  $R_5, R_7, R_8, R_9 = 1\text{k}\Omega$ .

Rezistor  $R_6, R_{10}, R_{11}, R_{12} = 10\text{k}\Omega$  jsou to rezistory zamezující samovolnému sepnutí tyristoru.

Rezistor  $R_4$  je omezovací rezistor před optočlenem 4N35. Tento rezistor závisí na výstupním napětí z fotoaparátu vypočítáme ho dle vztahu :

$$R_4 = \frac{U_{Foto} - U_D}{I_F} = \frac{6 - 1,2}{0,05} = 96\Omega \quad \text{volím odpor } R_4 = 100\Omega \quad (26)$$

$U_{Foto}$  napětí z fotoaparátu [V]

$U_D$  úbytek napětí na diodě [V]

$I_F$  proud diodou [A]

Všechny diody D jsou diody 1N4007. Slouží k tomu, aby se nám kondenzátory nenabíjeli vzájemně tzn. aby jeden nenabíjel druhý. Tomu zabráňuje závěrný směr zapojení diody. Dioda 1N4007 má maximální napětí  $U_{rrm} = 1000V$ , což je pro naše účely zcela dostatečné a proud  $I_F = 1A$ , což vzhledem k tomu, že maximální odebíraný proud z měniče je  $I_2 = 0,46A$  je zcela dostačující. Vzhledem k těmto parametrům diody 1N4007 není nutné umísťovat před tyto diody předřadné rezistory, na kterých by docházelo k výkonovým ztrátám. Katalogový list [9].

Zapalovací transformátor T je transformátor TC – 6. Vstupní napětí je 190V. Výstupní napětí je rovno 6kV. Na primární stranu je vybíjena kapacita  $C_T = 0,047\mu F$  s maximálním možným napětím 250V, což je dostačující vzhledem ke skutečnosti, že na elektrody kondenzátoru přivádíme napětí 190V. Katalogový list [5].

Hlavní spínacím prvkem jsou v obvodu tyristory BT 169(ve schématu  $T_1 - T_4$ ). Vybíral jsem mezi typy BT 169 D a BT 169 G. Oba tyristory jsou zcela totožné a liší se jen hodnotou maximálního napětí  $U_{rrm}$ , zatímco u typu D je  $U_{rrm} = 400V$  u typu G je  $U_{rrm} = 600V$ . S ohledem na dané skutečnosti jsem vybral jako spínací prvek tyristor BT 169 D, který by měl plně dostačovat. Katalogový list [8].

Optočlen 4N35 slouží ke spouštění obvodu. Optočlen 4N35 je tvořen diodou a fototranzistorem. Zároveň odděluje kontakty fotoaparátu přivedené na vstup optočlenu od vysokého napětí a tím chrání fotoaparát před zničením.

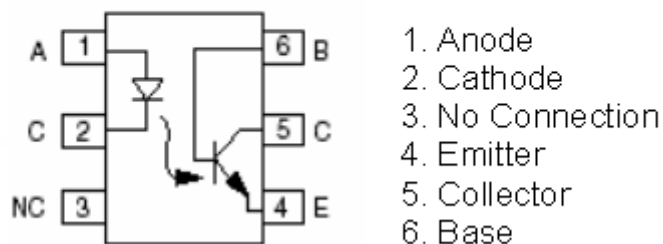
Přivedením napěťového signálu z fotoaparátu na vstup optočlenu 4N35 dojde ke spuštění obvodu.

Důležité katalogové hodnoty:

Vstupní napětí:  $U_R = 6V$  (v katalogovém listu[6] jako *Reverse voltage*)

Proud diodou:  $I_F = 50\text{ mA}$  (v katalogovém listu[6] jako *Forward current*)





obr. 13: Rozmístění vývodů 4N35 [6]

Optočlen slouží jako standardní spouštěč obvodu pomocí fotoaparátu. Avšak v obvodu jsem použil ještě tlačítko, které bude fungovat jako tzv. testovací tlačítko. Slouží k odpálení bez použití fotoaparátu a k vybití kapacit před změnou výkonové hodnoty. Jelikož je přepínání akumulacních kapacit ovládáno spínači, je potřeba při přepnutí na jinou kapacitu vybit tímto tlačítkem daný kondenzátor. Tlačítko je ve schématu *obr. 12* zakresleno jako  $S_7$ , a při stisku nám zkratuje obvod 4N35, v důsledku čehož dojde k odpálení obvodu.

Červená LED dioda nám signalizuje nabíjení obvodu. Vybral jsem diodu LED 5mm červená s parametry  $U_D = 2,3V$  a proud propustným směrem  $I_F = 15mA$ . Z ohmova zákona spočítáme hodnotu omezovacího odporu  $R_{LED}$ .

$$R_{LED} = \frac{U_1 - U_D}{I_F} = \frac{325 - 2,3}{0,015} = 21\,514\Omega \quad \text{volím rezistor } R_{LED} = 22k\Omega/5W$$

Zelená LED dioda nám signalizuje nabití akumulacních kapacit. Je spojena se zenerovou diodou, která propouští proud od 200V. Signalizace je spíše orientační, protože akumulací kapacita je naplněna až při 325V.

$$R_{LEDZ} = \frac{U_1 - U_D}{I_F} = \frac{325 - 2,1}{0,010} = 32\,290\Omega \quad \text{volím } R_{LEDZ} = 33k\Omega/5W$$

Jako zenerovu diodu jsem vybral diodu BZY 200, která propouští proud při  $U_{ZN} = 200V$ .

Rozhodl jsem tyto signalizační diody do obvodu nezakomponovat z důvodu jejich velkých výkonových ztát, tudíž jsou zde tyto údaje uvedeny jen pro informaci, že taková signalizace je možná.

## 4. PŘÍLOHY

### 4.1. Rozpis součástek

Název	Hodnota	Pouzdro	Popis	Cena [Kč]
R1	1R	O207	PZ = 0,6W	2,24
R2	240R	O207	PZ = 0,6W	2,24
R3	2k4+100R	O207	PZ = 0,6W	2,24 + 2,24
C1	CE 1000μF/25V		elektrolyt	8,18
C2	CK 100n/50V		keramický	2,24
C3	CT 2μ2/25V		tantalový	3,47
D1 až D5	1N4007	D047		8,96
T	BC547A	T092		1,23
Toroidní transformátor 230/2·12V 1A				232
Celkem:				265Kč

Tabulka 6: Rozpis součástek pro nabíjecí obvod

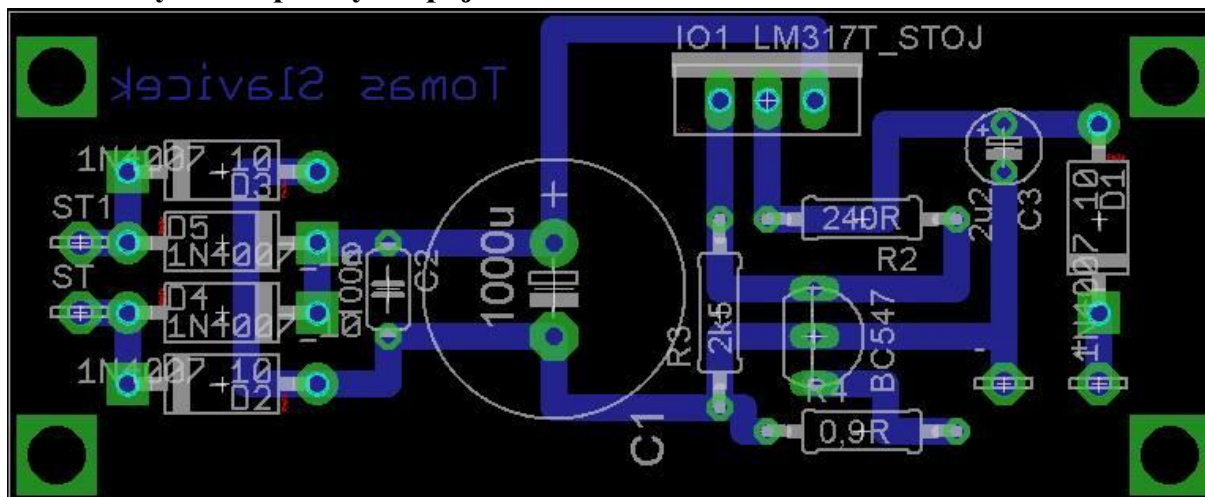
Název	Hodnota	Pouzdro	Cena[Kč]	Cena ks[Kč]
C1,C2,C3,C4	47n/250V	E2,5-6E	220	55
C5	220u/450V	EB25D	165	
C6	470u/450V	EB30D	191	
C7	1mF/450V		324	
C8	2,2mF/450V		524	
C9	2,2mF/450V		524	
C10	2,2mF/450V		524	
D1 až D16	1N4007	DO41	17,92	1,12
R1	100k/0,6W	0207	2,24	
R2	140k/0,6W	0207	2,24	
R3	7k5/0,6W	0207	5,6	
R4	100R/0,6W	0207	2,24	
R5,R7,R8,R9	1k	0207	7,88	1,97
R6,R10,R11,R12	10k	0207	8,96	2,24
T1 až T4	BT169D	TO92	12	3
Celkem:			2531,08	Kč

Tabulka 7: Rozpis součástek pro obvod výbojek

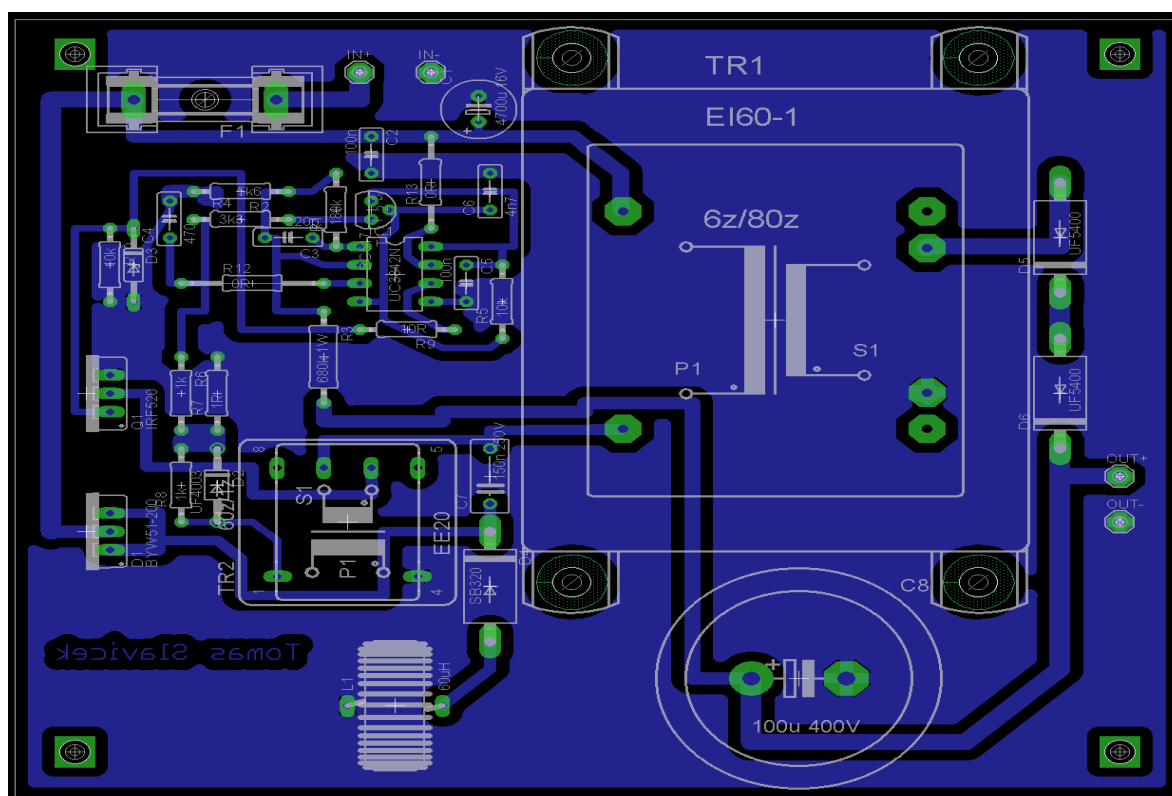
Název	Hodnota	Pouzdro
C1	4700u/16V	E3,5-8
C2	100n	C050-025X075
C3	220p	C050-025X075
C4	470p	C050-025X075
C5	100n	C050-025X075
C6	4n7	C050-025X075
C7	150n/250V	C075-042X103
C8	100u/400V	EB30D
D1	BYW51-200	TO220
D2	UF4007	DO213
D3	SB360	DO201
D4	SB320	DO201
D5	UF5408	DO201
D6	UF5408	DO201
F1		Pojistka
IC1	UC3842N	DIL08
L1	68uH	
Q1	IRF520	TO220
R1	180k	0207
R2	5k6	0207
R3	680k	0309
R4	3k3	0207
R5	10k	0207
R6	1k	0207
R7	1R	0207
R8	1k	0207
R9	10R	0207
R10	10k	0207
R12	0R	0207
R13	0R	0207
T1	BC547A	TO92
TR1	6z/80z	EI60-1
TR2	60z/1z	EE20-1

*Tabulka 8: Rozpis součástek pro měnič napětí*

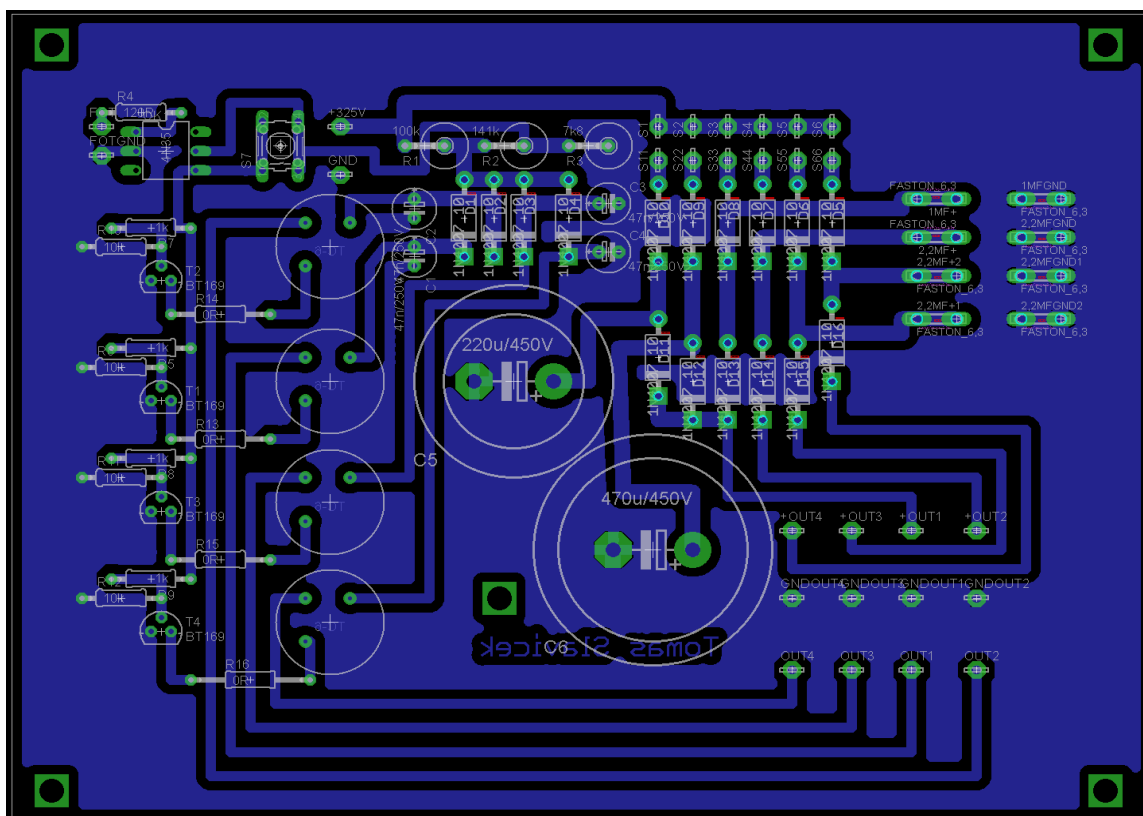
## 4.2. Návrhy desek plošných spojů



obr. 14: Deska plošného spoje nabíjecí obvod



obr. 15: Deska plošného spoje DC/DC měniče

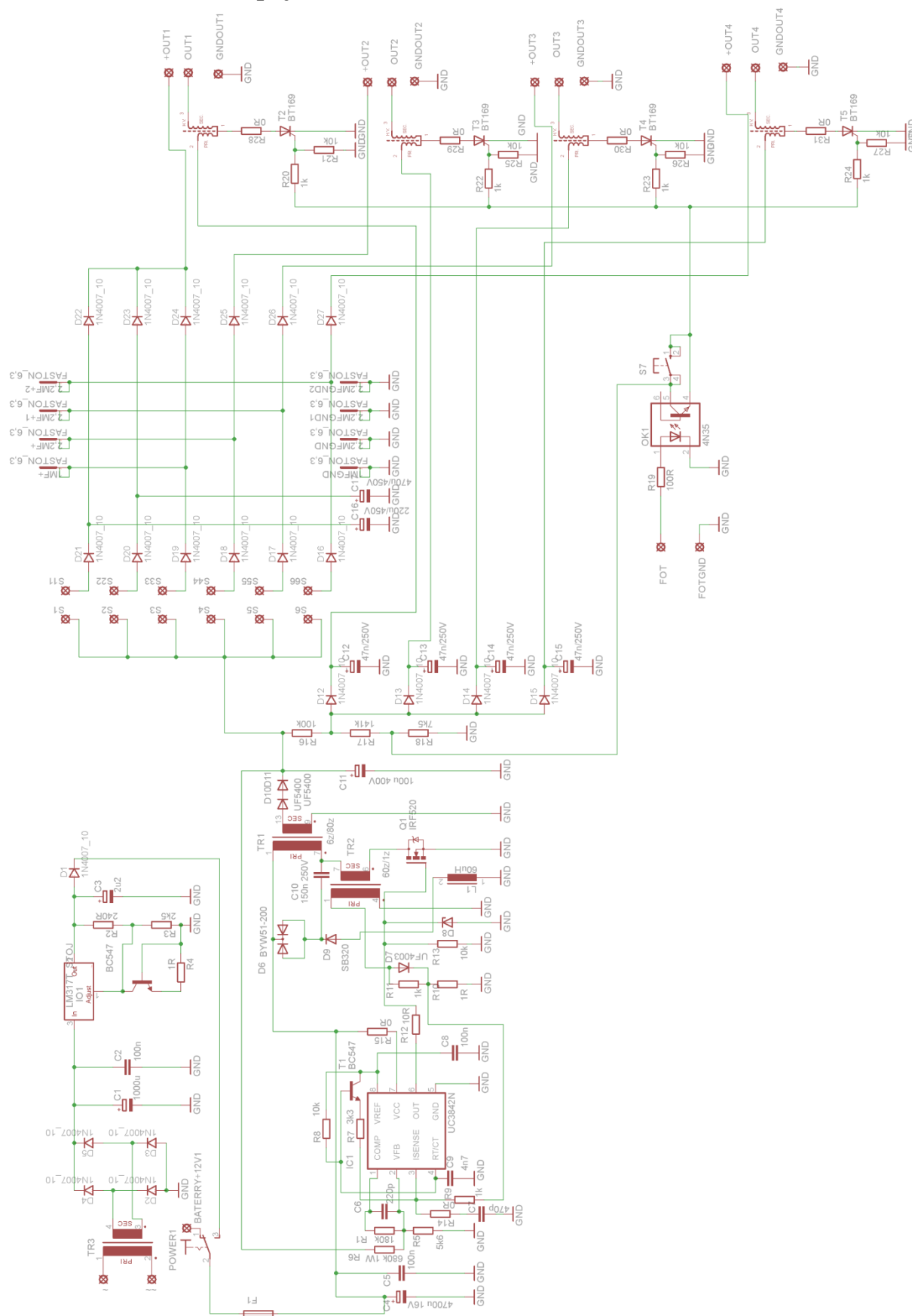


obr. 16: Deska plošného spoje obvodu výbojek

### 4.3. Obsah DVD

- Bakalářská práce ve formátu .pdf
- Katalogové listy součástek
- Obrazová dokumentace (elektronická schémata a desky plošných spojů)
- Rozpis součástek .xlsx

## 4.4. Celkové schéma zapojení



obr. 17: Celkové schéma zapojení zábleskové jednotky

## 5. ZÁVĚR

V bakalářské práci na téma výkonová záblesková jednotka pro fotografii je popsán návrh zábleskové jednotky se zadanými parametry.

V teoretickém úvodu jsem stručně shrnul problematiku zábleskových zařízení, jejich parametry a funkce.

V části vypracování je navržena záblesková jednotka s regulovatelným výkonem od 1/32 až po plný výkon. Regulace je prováděna v krocích 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1. Regulace pro 1/64 není v práci zakomponována, protože výkon 6Ws je podle mého názoru nepoužitelný. Nicméně je možné 1/64 výkonu do obvodu zakomponovat a to přidáním akumulární kapacity o hodnotě. Hodnota akumulárního kondenzátoru je  $C = 100\mu\text{F}/450\text{V}$  podle vztahu (13). Regulace je prováděna pomocí změny akumulární kapacity pro výkony 1/32, 1/16 a 1/32. Regulace pro zbylé výkony je pomocí „připínáním“ obvodů výbojek do celkového obvodu. Např. pro výkon 1/2 jsou použity dvě výbojky s akumulárními kapacitami  $C = 1\text{mF}$ . Regulace výkonu je podrobně zpracována v tabulce *Tabulka 5*.

Záblesková jednotka je napájena z akumulátoru. Vybral jsem olověný akumulátor 12V/7,5Ah. Akumulátor dobíjíme pomocí nabíjecího obvodu, tvořeným obvodem LM 317 (*obr. 7*). Zábleskovou jednotku je možno doplnit o možnost napájení ze síťového napětí. Síťové napětí by bylo usměrňovačem usměrněno na hodnotu  $U = 325\text{V}$ , která je stejná jako výstupní napětí z DC/DC měniče.

Pro odpálení záblesku využíváme optočlen 4N35, který nám zároveň odděluje výstup z fotoaparátu od vysokého napětí, které by mohlo fotoaparát výrazně poškodit ne-li zničit. Optočlen 4N35 spíná tyristor BT 169D, který je připojen na zapalovací transformátor. Přivedením napětí z fotoaparátu na optočlen 4N35 je zařízení uvedeno do chodu. V případě chceme-li blesk odpálit bez pomoci fotoaparátu je zde tlačítko  $S_7$ , které funguje jako testovací tlačítko viz.*obr. 12*. Tlačítko prakticky zkracuje optočlen 4N35 a dojde k sepnutí tyristoru a tím odpálení výbojky/výbojek. Při každé změně hodnoty výkonu je třeba pomocí tohoto tlačítka obvod odpálit, protože kondenzátory zůstávají nabitě i po odpojení. Tohle považuji za nevýhodu regulace změnou kondenzátoru oproti regulaci pomocí změny napětí. Další nevýhodou je větší finanční náročnost (musíme pro každý výkon připojit jiný akumulární kondenzátor). Pro regulaci pomocí změnou kapacity jsem se rozhodl, protože se jedná o poměrně velký rozsah regulace výkonu a změna napětí je kvadraticky úměrná velikosti vyzářeného výkonu, což nám dokazuje rovnice (12). Každá výbojka má určený rozsah pracovního napětí, tudíž není možné ji napájet napětím v takovém rozsahu, aby bylo možné pokrýt plný rozsah zadané regulace. Možným řešením by bylo obě metody regulace spojit, ovšem při snížení napětí např. pomocí děliče by docházelo k velkým výkonovým ztrátám na tomto děliči.

Synchronizace zábleskové jednotky může být provedena pomocí 3,5 mm mono jack, který se běžně používá k synchronizaci blesku s fotoaparátem. Na „živý vodič“ je přiveden signál z fotoaparátu a ten je propojen s optočlenem 4N35. Na společnou zem je přivedena záporná polarita z fotoaparátu a ta je připojena na zemnicí svorku optočlenu 4N35.

Nevýhodou navržené zábleskové jednotky je, že doba mezi jedním a druhým zábleskem je 10 vteřin. Tato nevýhoda je způsobena parametry výbojky IFK – 120 (viz Tabulka 4), která má interval mezi záblesky 10 vteřin. Výbojka IFK – 120 je tudíž zcela nevhodná pro obvody, kde potřebujeme vysokou frekvenci záblesků (např. stroboskop). Pro účely focení je dle mého názoru vyhovující. Výbojku můžeme vyměnit za jinou s podobnými parametry jako IFK – 120 ( důležitým je parametr zapalovacího transformátoru).

Návrhy zábleskové jednotky jsou podpořeny výpočty. Z vypočtených hodnot jsem co nejvhodněji zvolil reálné součástky. V příloze uvádím jejich kompletní rozpis. V příloze jsou dále zakresleny desky plošných spojů pro jednotlivé obvody. Desky plošných spojů a elektronická schémata jsem vytvořil pomocí programu EAGLE.

Všechny použité součástky jsou běžně dostupné.



## 6. LITERATURA

- [1] KREJČÍŘÍK, Alexandr. *Napájecí zdroje I: Základní zapojení analogových a spínaných napájecích zdrojů*. 2. vyd. Praha: BEN, 1997, 341 s. ISBN 80-860-5602-3.
- [2] KREJČÍŘÍK, Alexandr. *Napájecí zdroje: Základní zapojení analogových a spínaných napájecích zdrojů*. 2. vyd. Praha: BEN, 1997, 351 s. ISBN 80-860-5603-1.
- [3] PIHAN, Roman. *Fotoroman: Práce s bleskem* [online]. [cit. 2014-05-5]. Dostupné z: <http://www.fotoroman.cz/>
- [4] *Datasheet akumulátoru* [online]. [cit. 2014-05-5]. Dostupné z: <http://sa.tipa.eu/datasheet/04250141-datasheet-en.pdf>
- [5] *TC - 6* [online]. [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: <http://www.ges.cz/cz/tc-6-GES05114318.html>
- [6] *Datasheet 4N35* [online]. [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/523/006/4n35-datasheet-3.pdf>
- [7] *Datasheet LM 317* [online]. [cit. 2014-05-5]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/331/004/lm317t-datasheet-1.pdf>
- [8] *Datasheet BT 169* [online]. [cit. 2014-05-5]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/225/120/bt169d-datasheet-1.pdf>
- [9] *Datasheet 1N4007* [online]. [cit. 2014-05-5]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/220/002/1n4007-datasheet-1.pdf>
- [10] NOVOTNÝ, Vlastislav. *Napájení elektronických zařízení: přednášky*. 1. vyd. Brno: VUT FEKT, 2003, 140 s. ISBN 80-214-2300-5.
- [11] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky*. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 342 s. ISBN 80-730-0146-2.
- [12] *Olověný akumulátor* [online]. [cit. 2014-05-5]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Olov%C4%9Bn%C3%BD\\_akumul%C3%A1tor](http://cs.wikipedia.org/wiki/Olov%C4%9Bn%C3%BD_akumul%C3%A1tor)
- [13] *Akumulační kapacita* [online]. [cit. 2014-05-5]. Dostupné z: [http://www.tme.eu/cz/Document/0abdaf1c0c70b85ecb8c70b54f9d50f6/gt\\_samwha.pdf](http://www.tme.eu/cz/Document/0abdaf1c0c70b85ecb8c70b54f9d50f6/gt_samwha.pdf)
- [14] Dělič napětí. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-30]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/D%C4%9Bli%C4%8D\\_nap%C4%9Bt%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/D%C4%9Bli%C4%8D_nap%C4%9Bt%C3%AD)
- [15] *Datasheet UC3842N* [online]. [cit. 2014-05-30]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/390/009/uc3842n-datasheet-1.pdf>

- [16] *Datasheet IRFB3207Z* [online]. [cit. 2014-05-30]. Dostupné z:  
<http://www.gme.cz/img/cache/doc/213/318/irfb3207zpbfdatasheet-1.pdf>
- [17] *Datasheet UF5408* [online]. [cit. 2014-05-30]. Dostupné z:  
<http://www.gme.cz/img/cache/doc/220/034/uf5408datasheet-1.pdf>